

УДК 681.3.06

БУХАНЦОВ С.Н.,  
ПУСТОВАРОВ В.І.,  
СТІРЕНКО С.Г.  
ЖЕЛУДКОВА Т.В.

## ДОКАЗОВЕ УПРАВЛІННЯ ГЕНЕРАЦІЄЮ ТА МОДИФІКАЦІЄЮ ПРОГРАМНИХ МОДУЛІВ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ

Розглянуті типові послідовності розв'язання задач інформаційно-аналітичних систем (ІАС) та модульна структура їх спеціальних програм. Запропонована методика визначення стану процесів для досягнення цілей оперативних регламентних робіт з підготовки та оцінки рішень з проектів, супроводжуваних в ІАС. Показано, що застосування цієї методики дозволяє обрати структуру програм для їх ефективного використання в критичних ситуаціях, що виникають в ІАС, інтегрованих з підсистемами обліку та розв'язання регламентних задач.

Typical sequences for information-analytic system (IAS) task decisions and modular structure of their special programs are considered. The techniques of task state definition for meeting operative regulated work purposes decision on preparation and estimation are offered for projects supported in IAS. It is shown that application of this technique allows program structure optimizing for their effective usage in the critical situations arising in IAS, integrated with accounting and regulated tasks decision subsystems.

### Вступ

Корпоративні системи ІАС, їх структура та проблеми в розв'язанні задач у великих загальних обсягах обробки в корпоративній комп'ютерній системі та негарантованій регулярності задач. Для практичної реалізації спеціального програмного забезпечення (СПЗ) інформаційно-аналітичних системах ІАС з настроюванням на основі цих технологій важливо створити механізми оперативного настроювання цих технологій для задач прийняття рішень. Перспективним підходом до розв'язання задач автоматизації ППР є включення таблиць супроводження реалізації рішень безпосередньо в робочу середовище реляційних СУБД.

Головні дії функцій ІАС забезпечують підготовку рішень на основі аналізу ситуацій і стану системи [1, 2]. Залежно від області застосування (будь-то комерційне підприємство або фінансова установа) процес підготовки і вимоги до ефективності рішень мають свої особливості. На різних підприємствах підготовка і реалізація оперативних рішень стосуються задач документообігу, обліку наявних ресурсів і продукції, аналізу обсягів продаж готової продукції і закупівель ресурсів та аналіз доцільності випуску рекламної інформації про комерційні проекти, тощо. Для забезпечення ефективності фінансових структур видобувається інформація про клієнтів, доходи/витрати за різні періоди, прибутки, збитки,

обсяги кредитів, обсяги депозитів клієнтів, інформація про конкурентів і про ситуації на відповідних ринках.

### Вибір загальної структури та правил роботи СПЗ ІАС

З одного боку в ІАС треба забезпечити оперативну обробку запитів у реальному часі, своєчасне розв'язання задач регламенту і підготовки звітності та розумні витрати часу на підготовку і прийняття рішень за новими проектами контрольованого об'єкта. З іншого боку при створенні виконавчих функцій ефективного СПЗ важливо уникнути повторної обробки запитів або запитів, що частково перекриваються.

Структура задач і відповідних процедурних модулів СПЗ спирається на ієрархію підпрограм різних рівнів, яка включає:

- задачі підготовки, настроювання та навчання шляхом реконфігурації та зміни функціональних атрибутів управління в таблицях рішень, коефіцієнтів і базовій послідовності обробки, які формуються на основі прецедентів реалізації і моделювання рішень та їх наслідків; корекція правил логічного доведення для покращення наслідків рішень;
- архівування: запам'ятовування фактів і прецедентів реалізації рішень;
- задачі попередньої обробки даних: відбірка та фільтрація даних за критеріями та статистиками ефективності, а також накопи-

чення попередніх підсумків та формування проміжних даних.

- задачі функціонального рівня оперативної обробки в ІАС: забезпечення оперативних транзакцій; аналіз поточних балансів і прогнозованих ситуацій; формування звітності за регламентом; супроводження реалізації рішень через контроль планових подій; розпізнавання подій, здатних вплинути на ситуацію в проекті або установі; аналітичних висновків і прийняття рішень за запитами та неплановими і критичними подіями;

- підрахунок статистик та підсумків семантичних атрибутів для оцінки станів і ситуацій на контрольованих об'єктах: як узагальнення процедур підбиття підсумків;

- контроль необхідного моменту запуску чергової задачі для розв'язання на поточних наявних ресурсах ІАС;

- визначення характеристик переваг для вибору першочергової задачі для розв'язання на поточних наявних ресурсах ІАС.

Щоб забезпечити своєчасне розв'язання кожної з задач, доцільно виділити спеціальну групу задач підрахунків підсумків, що дозволяють підготувати, як часткові, так повні підсумки залежно від наявності даних на момент виконання обробки регламентних задач. Крім того, треба забезпечити управління порядком виконання окремих процедур. До складу елементів базових послідовностей розв'язання всіх перелічених класів задач входять наступні процедури розв'язання часткових задач та задач проблемного рівня ІАС:

- часткове підбиття підсумків для задач регламенту і підготовки та аналізу рішень: для цього зручно використовувати технології накопичення та вибірки підсумків OLAP;

- управління за подіями, що керує оперативними транзакціями, аналізує поточні та прогнозовані ситуації, супроводжує реалізації рішень за плановими подіями, розпізнає події, здатні вплинути на стан ресурсів і ситуацію в ІАС, приймає рішення за неплановими і критичними подіями;

- формування або підготовка рішень проектів за таблицями створення і корекції планів реалізації рішень при зміні стану і ситуацій в контрольованому об'єкті та ІАС;

- логічне доведення та пояснення доцільності прийняття і виконання рішень: за результатами дослідження ситуацій в ІАС в цілому і стану ресурсів при реалізації окремих

проектів, а також за результатами аналізу наслідків реалізації прецедентів проектів.

Таким чином, показані 3 рівні задач утворюють ієрархію, елементи якої одержують інформативні і управляючі дані від задач нижчих рівнів.

### Структури вхідних, вихідних та внутрішніх даних корпоративних ІАС

На сьогоднішній день аналітичні задачі, що розв'язуються в багатьох відомих ІАС, забезпечують виконання регламентних задач та задач підтримки прийняття рішень [1, 3]. Використання технологій OLAP (On-Line Analytic Processing) на основі багатомірних сховищ даних (Warehouses) [2] та таблиць рішень дозволяють накопичити вхідні та проміжні дані для аналізу ситуацій і рішень, що формуються в ІАС. Органічні зв'язки цієї технології з технологіями реляційних СУБД роблять перспективною інтеграцію різноманітних підсистем підтримки прийняття рішень в ІАС на базі функцій підсистеми обліку.

Основу математичної моделі будь-якого об'єкта інформатизації можна представити **вузлами графу**, що відображають інформаційні об'єкти, і **дугами**, що відображають зв'язки між полями окремих таблиць. В ІАС, побудованих на основі реляційних СУБД з використанням технологій OLAP, основними сховищами даних є **координатні таблиці**  $r_{ck}(x_{k1}, \dots, x_{kimax}, \xi_{k1}, \dots, \xi_{kijmax}, a_{k1}, \dots, a_{kijmax})$  та **куби**  $\prod_k r_{fk}(\sigma_{k1}(\xi_{k1}), \dots, \sigma_{kj}(\xi_{kijmax})) | x_{k1}, \dots, x_{kimax}, \xi_{k1}, \dots, \xi_{kijmax}$ , де  $k$  – номери координат,  $x_{k1}, \dots, x_{kimax}$  – поля ідентифікації,  $\xi_{k1}, \dots, \xi_{kijmax}$  – поля семантично істотних даних,  $a_{k1}, \dots, a_{kijmax}$  – поля додаткових даних обліку. Вони розглядаються як об'єктно-орієнтовані **елементи** моделі даних ІАС, з пов'язаними з ними **процедурами** і **функціями** підбиття підсумків  $\sigma_{kj}$ .

Протоколи інкапсулюють об'яви предиката, відділяючи інтерфейс від реалізації, а категорії інкапсулюють і об'яви, і визначення предикатів, які можуть бути імпортовані будь-яким об'єктом.

Куби  $\prod_k r_{fk}$  використовуються для підготовки і прийняття внутрішніх рішень при виникненні особливих ситуацій у стані організації і реалізації планів, при укладанні контрактів, а також для оцінки достовірності роботи підсистеми збору інформації з комп'ютерних мереж з відкритим доступом і з засобів масової інформації. Основні координатні таблиці  $r_{ck}$  зірко-

подібних сховищ та сховищ за схемою сніжинки визначають напрямки для формування підсумків семантичних даних, за якими приймають рішення. Комплекси таких таблиць зберігають дані ІАС, зв'язані з роботою окремих структурних підрозділів, співробітників та попитом на продукцію.

*Назва\_специфікації*

$\exists$  *Ім'я\_функції*

*Список\_аргументів* ::=

{*Ім'я\_вхідного\_аргументу*?: *Тип\_аргументу*

...}

{*Ім'я\_вихідного\_аргументу*!: *Тип\_аргументу*

...}

*Список\_зв'язків* ::=

{*Вираз\_множинного\_відношення*|

*Вираз\_числового\_відношення*

...}

Тут входи і виходи визначають гіперкуби  $P_k r_{fk}$ , таблиці  $r_{ck}$  та прості або підсумкові семантичні змінні  $\xi_j$  та  $\sigma_{kj}(\xi_{kjmax})$ , які є або фактичними аргументами підпрограм, або глобальними даними моделі проблемної області. Модель проблемної області будується як супероб'єкт специфікації, який має опис, що поєднує ідентифікатори та заголовки специфікацій всіх функцій.

Змістовні цілі для перелічених задач і проміжних функцій ІАС відносно вхідних даних та таблиць об'єктів, що відображують множини ресурсів, проектів та трансакцій, можна представити засобами Z-специфікацій. Для специфікації таких задач доцільно використовувати обмежену комп'ютерну форму, яка включає зв'язки алгебри множин. Коди скриптів та прикладних програм звичайно будуються в рамках мови SQL або сполучення операторів мови програмування та Internet-скриптів з генерацією SQL-скриптів. До складу специфікацій SQL-запитів на вибірки та підбиття підсумків важливо включити додаткові умови фільтрації та адитивні функції підбиття часткових і повних підсумків. Доказове обґрунтування досягнення цілей вручну виконується за методикою формальних перетворень описів на фрагменти програм, описаною в [4].

Для досягнення можливостей підвищення ефективності роботи модуля в різних ситуаціях та вибору режиму і порядку його часткового виконання до розширеної Z-специфікації слід включити критерії часу виконання, які є вторинними щодо змісту обробки. Комп'ютерна реалізація цієї методики використовує загальний набір правил контролю відповідно-

**Особливості специфікації задач аналізу ресурсів ІАС.** Традиційна структура формальних специфікацій процедур за принципами Z-специфікацій та інших систем специфікацій [3, 4, 5] в найбільш загальній формі визначає цілі комплексу задач ІАС, тобто цільові змінні та критерії розв'язання задач у формі:

стей змістовних специфікацій фрагментам або процедурам комп'ютерних програм у формі Бекуса-Наура, який потрібно використовувати для формальних перетворень з контролю або синтезу виконавчих кодів.

*Правило\_перетворення* ::=

*Фраза\_змістовної\_специфікації*  $\rightarrow$

*Фраза\_команд\_комп'ютерної\_мови*

Звичайно фрази змістовної специфікації об'єктів включають термінальні позначення дій і даних у формі операторів, операцій або їх імен. В цих правилах перетворення повинні бути обґрунтовані коректні послідовності дій, що відповідають елементам специфікації. Крім того, для умов і зв'язків специфікацій повинен бути визначений порядок аналізу цих елементів у фразах програмних кодів. Це відкриває шлях до автоматизованого доведення коректності за специфікаціями в системах програмування та проектування інтегрованого СПЗ.

### **Доказове обґрунтування досягнення змістовних цілей, заданих специфікаціями**

Рекурсивне застосування правил перетворень при формальній верифікації можна використовувати через підстановки, що починаються як з боку специфікацій, так і з боку текстів. При цьому як ключі пошуку неперетворених нетермінальних позначень повинні обиратися з відповідної частини операції перетворення " $\rightarrow$ " в правилах. Фрази з послідовностями операторів повинні бути попередньо обґрунтовані вручну або, починаючи зі сторони мов програмування, через використання звичайних правил підстановок для числової та

множинної алгебри. Варіанти алгоритмів можуть подаватися за правилами декомпозицій задач, підзадач та їх елементів: послідовної, паралельної, умовної та циклічної декомпозицій. Правила підстановок для підготовки оперативних рішень з підтримки балансів та супроводження проєктів можна обмежити використанням правил паралельної та послідовної декомпозиції наборів викликів процедур:

*фраза\_команд\_алгоритмічної\_мови* ::=  $P_{p1}, P_{p2}, \dots, P_{pn}, \dots$  (1)

*фраза\_команд\_алгоритмічної\_мови* ::=  $P_{s1}; P_{s2}; \dots; P_{sn}; \dots$  (2)

Умовами запуску на виконання перелічених процедур  $P_{pn}$  і  $P_{sn}$  є наявність потрібних вхідних даних, сформованих підсистемою відбору та формування вхідних даних ІАС. У випадку підбиття проміжних підсумків, коли вхідні дані надходять з критичною затримкою, ці задачі варто запускати частково за наявності даних в розраховані моменти часу.

Загальне доказове обґрунтування досягнення основних семантичних цілей виконується через застосування основних правил обробки даних в ІАС і використовує ланцюжки доказових перетворень, запропоновані в [4] і [5].

#### Аналітичне супроводження доказових перетворень при генерації та модифікації управляючих даних програм

Доказові перетворення використовують ланцюжки перетворень з відповідними операціями імплікативних '⇒' та еквівалентних '≡' перетворень для виразів процедур  $P_{sk}$ . Потрібні дії можуть виконуватися як вручну, так і в автоматизованому режимі з протоколюванням доведень для подальшої перевірки та наступних доведень.

Створені ланцюжки повинні забезпечувати перетворення виразів формул та операторів до варіантів, тотожних за правилами з бази знань перетворень. В протоколах перетворень зберігаються пояснення адекватності через посилення на використані правила перетворень у формах:

*Вирази\_специфікацій* ⇒

*вирази\_комп'ютерної\_мови|заголовок\_правила*  
або

*Вирази\_специфікацій* ≡

*вирази\_комп'ютерної\_мови|заголовок\_правила*

#### Доказове обґрунтування досягнення вторинних цілей, заданих специфікаціями

Для специфікацій вторинних критеріїв для вторинних характеристик працездатних програмних модулів слід використовувати відношення над вторинними характеристиками витрат при виконанні програмних модулів.

*Специфікація\_вторинних\_характеристик* ::= *вираз\_відношення\_обмежень* | *вираз\_критерію*

Ці відношення не суперечать загальним принципам побудови специфікацій і використовуються для розширення існуючих систем специфікацій задач на комп'ютерах. Інформацію про вторинні характеристики слід зберігати в паспортах підпрограм, що є розширенням їх традиційних специфікацій у формі файлів заголовків. Для одержання такої інформації достатньо визначити спільні функціонали, які визначаються в заголовках за формулами (3) і (4) та використовуються в процесах доведень ефективності та своєчасності рішень.

#### Умови коректного і своєчасного розв'язання задач ІАС

Традиційні задачі виконання регламентних робіт та задачі підбиття та аналізу підсумків забезпечують повний комплекс обчислень в ІАС. Ці задачі повинні бути виконані до настання заданого моменту в повному або обмеженому обсязі. Умови контролю ефективності або своєчасності розв'язання складають вторинний рівень специфікацій задач. Для залишкових часток  $P_{pn}$  і  $P_{sn}$  з правил (1) і (2) повного комплексу задач ІАС  $\cup_{n \in 1..n_{\max}} P_{sn}$  найбільшу важливість мають оцінки часової складності  $O(P_{sn}, N_f)$  відносно обсягів залишкових даних  $N_f$  у оброблюваних відношеннях  $O_s(N_f) = \max_{n \in N} O(P_{sn}, N_f)$ , де  $N_f = 1..n_{\max}$ , (3)

що дозволяє визначити потенційну можливість реалізації залишкової обробки відносно обсягу залишкових даних. Тут  $N_f$  – кількість блоків обробки в множині елементів залишку обробки з обсягом вхідних даних залишку та часові характеристики обробки  $T(P_{sn})$  конкретних реалізацій процедур  $P_{sn}$ .

$$T_s(N_f) = \sum_{n \in N} T(P_{sn}) < \Delta t, \text{ де } \Delta t = t_r - t_c. \quad (4)$$

Розрахунок залишку задач і порівняння залишку часу від поточного часу  $t_c$  до граничного часу завершення регламентних робіт  $t_r$ . Для більшості обчислень регламенту витрати часу на них (4) достатньо точно можна оцінити, враховуючи специфіку підбиття підсумків при

їх розрахунку і розв'язанні задач настроювання та навчання.

### **Вибір загальних правил проектування та настроювання роботи СПЗ ІАС**

З одного боку в ІАС треба забезпечити оперативну обробку запитів у реальному часі, своєчасне розв'язання задач регламенту і підготовки звітності та розумні витрати часу на підготовку і прийняття рішень за новими проектами контрольованого об'єкта. З іншого боку при створенні виконавчих функцій ефективного СПЗ важливо уникнути повторної обробки запитів або запитів, що частково перекриваються. При проектуванні і настроюванні порядку виконання особливу роль грають задачі часткового підбиття підсумків з наступних збереженням їх результатів в елементах кубічних структур, які доцільно виконувати в фоновому режимі під час підвищеної активності транзакцій.

### **Вибір порядку виконання задач та підзадач за модулями СПЗ**

При розв'язанні задач з регламентованим та критичним часом виконання, тобто побудови регламентних звітів та формування параметрів рішень проектів необхідно використовувати управління послідовністю виконання в наступному вигляді. Правила пріоритетності для трьох основних класів задач ІАС визначаються наступним чином:

- задачі виконання базових транзакцій ІАС запускаються за подіями запитів і виконуються у режимі безумовно вищої пріоритетності;
- задачі виконання регламентних робіт запускаються за регламентним часом і подіями наявності потрібних блоків даних та часткових підсумків і виконуються з пріоритетністю, що визначається залишками часу на їх виконання, в період мінімального обсягу робіт за транзакціями;

- задачі формування параметрів та оцінки проектів рішень, які виконуються в низько фоновому режимі співставлення з прецедентами, архівами та оперативними даними про стан об'єктів уваги.

Таким чином, для доказової розробки і оперативного настроювання СПЗ необхідно виконати наступну послідовність дій.

1. Визначити базову структуру окремих програмних модулів та послідовність функціональних фрагментів або викликів підпрограм.
2. Побудувати окремі модулі за схемою, що включає аналіз змістовних шаблонів обробки, блоків перевірки таблиць і критеріїв прийняття рішень для визначення їх параметрів.
3. Обґрунтувати відповідність базових функцій специфікаціям зв'язків семантичних змінних.
4. Визначити залишок часу виконання критичних підзадач та обмежити час запуску у випадку ненадходження відповідної інформації.

Процес доказової підготовки та настроювання функціональних модулів СПЗ повинен включати аналітичний контроль семантичних характеристик і характеристик продуктивності модулів, критичних за часом виконання [1, 2].

### **Висновки**

Таким чином, визначені в процесі проектування або експлуатації основні і проміжні цілі моделей ІАС, а також проміжні підсумки можуть використовуватися для ефективної організації процесів обчислень. Автоматизація процесів доказових перетворень на етапах проектування, настроювання та оперативної обробки дозволить покращити характеристики цільових систем управління і характеристики СПЗ при використанні критеріїв ефективності, що відповідають поточній ситуації в ІАС. Накопичення протоколів доведення та обґрунтування дозволить спростити процеси доведення коректності і своєчасності одержання рішень при зміні параметрів стану і ситуацій.

### **Список посилань**

1. Буханцов С.Н., Пустоваров В.И. Интеллектуальный сбор данных для управления информационно-аналитическими системами – Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка – К.: «Век+». – 2006. – 45. – с. 228 – 236.
2. Бэлсон Д., Гокмен М. Ингрэм Дж. Внутренний мир Oracle8. Проектирование и настройка: – К.: Изд-во "ДиалСофт". – 2000. – 800 с.
3. Лисков Б., Гатэг Дж. Использование абстракций и спецификаций при разработке программ. Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 424 с.
4. Hehner E.C.R. Practical theory of programming. Springer-Verlag, New York, 1993 – 243 p.
5. Woodcock J., Davies J. Using Z. Specification, Refinement, and Proof. C.A.R. Hoare Series editor, 1995 – 390 p.